

PROCEDE ET DISPOSITIF DE CONDUITE D'UN TUNNEL CRYOGENIQUE, TUNNEL CRYOGENIQUE ASSOCIE

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de conduite d'un tunnel cryogénique, tunnel du genre dans lequel circulent des produits à refroidir ou surgeler, équipé de moyens d'injection d'un fluide cryogénique ainsi que de moyens d'extraction à débit variable des gaz froids résultant de la vaporisation du fluide dans le tunnel.

Un tunnel cryogénique est un système ouvert dans lequel circulent des produits à refroidir ou à surgeler, par injection en général d'azote liquide ou de tout autre fluide cryogénique qui après vaporisation doit être évacué du système sous forme gazeuse.

Le tunnel possède une ouverture pour l'entrée et une ouverture pour la sortie des produits.

Le liquide cryogénique entre dans le tunnel par une ou plusieurs tuyauteries.

Une ou plusieurs ouvertures supplémentaires sont généralement dédiées à l'extraction des gaz froids résultant de la vaporisation du fluide dans le tunnel ce qui suppose donc une aspiration et le rejet des gaz contenant une forte proportion d'azote en plein air.

Dans un fonctionnement idéal, les flux de gaz devraient être équilibrés comme suit :

- Débit d'extraction = Débit d'azote gazeux généré par l'injection d'azote liquide.

- Coté sortie des produits : débit d'entrée d'air nul et débit de sortie de gaz également nul.

- Coté entrée des produits : idem i.e débit d'entrée d'air et débit de sortie de gaz nuls.

En pratique, il est quasiment impossible d'obtenir un tel fonctionnement idéal et en particulier, il est très difficile de contrôler de manière constante les deux aspects suivants :

- L'adaptation du débit d'extraction au volume d'azote gazeux généré : en pratique la quantité d'azote injectée dans le tunnel est variable et l'extraction peut alors difficilement suivre le besoin.

- L'équilibre des gaz entre la sortie et l'entrée du tunnel : dans le cas où le débit d'extraction est correctement adapté, un tunnel peut être en légère aspiration coté sortie des produits et en léger refoulement coté entrée des produits alors qu'un moment plus tard, la situation peut s'être inversée.

Différentes approches ont alors été proposées pour apporter une solutions aux problèmes listés ci-dessus.

Dans le cas le plus fréquent, pour éviter les sorties de gaz (donc les fuites d'azote dans le local de production), on pratique une « sur-extraction ».

5 Pour cela on utilise typiquement une extraction à débit fixe calculé avec une importante marge de sécurité sur le besoin maximum du tunnel , avec des hottes d'aspiration situées en entrée et en sortie de tunnel.

Dans un tel cas, on observe les caractéristiques suivantes :

10 - le débit d'extraction est largement supérieur au débit d'azote gazeux généré par l'injection d'azote liquide.

- Coté sortie des produits : le débit d'entrée d'air est largement supérieur à 0 tandis que le débit de sortie de gaz est presque nul.

- Coté entrée des produits : idem i.e un débit d'entrée d'air largement supérieur à 0 tandis que le débit de sortie de gaz est presque nul.

15 On comprend alors que l'avantage de cette solution technique est que le risque d'anoxie (fuites d'azote cumulées dans le local de production entraînant une chute du taux d'oxygène dans la pièce) est faible au démarrage du tunnel mais que son inconvénient est lié aux importantes entrées d'air qui provoquent une entrée d'humidité dans le tunnel. A l'intérieur, l'appareil se
20 couvre alors rapidement de givre et perd de son efficacité. De plus, cette entrée d'air entraîne une surconsommation d'azote.

Il est à noter que ces entrées d'air provoquent aussi une entrée d'humidité dans les conduits d'extraction et donc l'apparition de givre. Après plusieurs heures de fonctionnement, ce givre peut boucher les conduits
25 d'extraction et entraîner une fuite d'azote au niveau du tunnel par manque d'extraction (d'où un risque d'anoxie).

Assez fréquemment aussi on trouve dans l'industrie une solution pour limiter les entrées d'air et les sorties gaz selon laquelle l'extraction est légèrement supérieure au besoin (« légère sur-extraction »). C'est souvent le
30 meilleur compromis qui puisse être pratiqué en l'état actuel de la technique.

Selon cette solution, on pratique une extraction à débit fixe calculé au plus juste sur le besoin maximum du tunnel ou bien une extraction à débit variable indexée sur le taux d'ouverture de la vanne d'arrivée d'azote liquide dans le tunnel.

35 Dans un tel cas, on observe les caractéristiques suivantes :

- le débit d'extraction est supérieur au débit d'azote gazeux généré par l'injection d'azote liquide

- coté sortie des produits : le débit d'entrée d'air est légèrement positif, avec des variations plus ou moins importantes suivant les phases de fonctionnement du tunnel alors que le débit de sortie gaz est légèrement négatif en moyenne, ici encore avec des variations plus ou moins importantes suivant les phases de fonctionnement du tunnel.

- coté entrée des produits : ici encore le débit d'entrée d'air est en moyenne légèrement positif, tandis que le débit de sortie gaz est légèrement négatif en moyenne.

On voit alors que l'équilibre entre la sortie et l'entrée du tunnel est variable dans le temps et que l'on peut ainsi passer de la situation d'observation d'une sortie de gaz en entrée de tunnel et d'aspiration d'air en sortie de tunnel à la situation d'aspiration d'air en entrée de tunnel et de sortie de gaz en sortie de tunnel.

On comprend alors que l'avantage principal de cette solution de « légère sur-extraction » est que le risque d'anoxie est assez faible au démarrage du tunnel tandis que son inconvénient principal, tout comme pour la sur-extraction, est lié au fait que l'entrée d'air provoque un givrage de l'appareil et des conduits d'extraction et une sur consommation en azote. Cependant, le débit d'entrée d'air est réduit et les inconvénients techniques ci-dessus listés sont alors plus ou moins limités suivant les cas.

On peut encore citer une dernière approche, en pratique quasiment jamais mise en application, se plaçant, pour limiter les entrées d'air, sous aspiration réduite (« sous-extraction »).

Dans un tel cas, on observe les caractéristiques suivantes :

- un débit d'extraction inférieur au débit d'azote gazeux généré par l'injection d'azote liquide.

- coté sortie des produits : un débit d'entrée d'air quasi nul alors que le débit de sortie de gaz est positif.

- coté entrée des produits : également un débit d'entrée d'air quasi nul pour un débit de sortie de gaz positif.

L'avantage de cette situation est bien sur l'absence d'entrée d'air en entrée et sortie de tunnel. Il n'y a donc pas de dépôt de givre dans l'appareil et dans les conduits d'extraction pas plus que de surconsommation d'azote causé par d'éventuelles entrées d'air chaud.

En revanche bien évidemment le fonctionnement d'un tunnel dans ces conditions est dangereux. Les fuites d'azote vers l'extérieur du tunnel entraînent un risque d'anoxie et donc une situation dangereuse pour les personnes travaillant à proximité.

On constate donc à la lumière de ce qui précède la nécessité réelle pour cette industrie de pouvoir proposer une solution offrant un meilleur compromis, permettant de se rapprocher davantage de l'équilibre idéal. Pour cela :

le débit d'extraction doit être adapté au volume d'azote gazeux généré. La quantité d'azote injectée dans le tunnel étant variable, le débit de l'extraction doit suivre aussi exactement que possible le besoin en tenant compte des éventuels retards entre l'injection d'azote liquide et le moment où il se vaporise.

- concernant l'équilibre des gaz entre la sortie et l'entrée du tunnel : le système doit permettre de guider les gaz pour éviter qu'ils ne sortent ni en entrée ni en sortie de tunnel.

- l'ensemble de ces contrôles est préférentiellement automatique sans autre action humaine que la fixation des réglages de départ.

Ainsi, avec un tel équilibre des gaz dans le tunnel et une extraction totalement adaptée au besoin, le tunnel n'aspirerait plus d'air (ni en entrée ni en sortie) et pourrait donc fonctionner plus longtemps sans dégivrage et sans perdre son efficacité. Les conduites d'extraction ne se boucheraient plus et les fuites d'azote seraient à tout le moins considérablement amoindries, voire supprimées. Le risque d'anoxie serait ainsi maîtrisé.

On peut encore citer l'approche du document US-5 878 582 qui tente de piloter une enceinte cryogénique en comparant une valeur de température en entrée extérieure du tunnel avec une consigne et en rétroagissant sur les moyens d'extraction de l'enceinte selon le résultat de cette comparaison.

La Demanderesse a pu démontrer que cette approche technique, apporte certes des améliorations par rapports aux approches de l'art antérieur citées plus haut, mais reste insuffisante tout simplement parce qu'elle ne prend pas en compte la température ambiante dans le local où fonctionne l'enceinte cryogénique.

En effet pour obtenir de bons résultats selon ce document, la température de consigne doit être proche de la température ambiante tout en restant toujours inférieure. En effet, si la consigne devient supérieure à la température ambiante (du fait que la température ambiante a chuté), le système devient inopérant car l'extraction va accélérer sans fin sans parvenir jamais à atteindre cette température de consigne. Il sera impossible de faire monter la température mesurée au-dessus de la température de l'air ambiant. En résumé, si la température ambiante dans le local est relativement stable (plus ou moins 1 degré), le système peut facilement être piloté selon cette technique, en

revanche, quand la température du local varie (ce qui est souvent le cas dans les locaux de production en agroalimentaire), cette technique de pilotage peut devenir inefficace voire inopérante par moment (température de consigne devenant supérieure à la température ambiante).

5 Dans ce contexte, l'invention a pour objet un procédé de conduite d'un tunnel cryogénique dans lequel circulent des produits à refroidir ou surgeler, tunnel équipé de moyens d'injection d'un fluide cryogénique ainsi que de moyens d'extraction à débit variable de tout ou partie des gaz froids résultant de la vaporisation dudit fluide dans le tunnel, se caractérisant en ce que :

10 a) on dispose d'au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel à proximité de son entrée et/ou de sa sortie, apte à fournir une valeur $T_{\text{entrée/sortie}}$ de la température des gaz en son point de localisation;

15 b) on dispose d'au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel apte à fournir une valeur T_{amb} de la température ambiante du local où fonctionne le tunnel ;

20 c) on détermine la différence $T_{\text{amb-entrée/sortie}}$ entre ladite température ambiante T_{amb} et ladite température $T_{\text{entrée/sortie}}$, ou la différence entre la moyenne des températures ambiantes fournies par lesdites sondes de température ambiante et la moyenne de dites températures $T_{\text{entrée/sortie}}$ fournies par lesdites sondes de température d'entrée/sortie ;

d) on compare la valeur de la différence de température fournie par l'étape c) avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{amb-entrée/sortie}}$;

25 e) on rétroagit, en fonction du résultat de la comparaison de l'étape d), sur le débit d'extraction desdits moyens d'extraction afin de rétablir si nécessaire la valeur de ladite différence de température au niveau de ladite valeur de consigne $T^0_{\text{amb-entrée/sortie}}$.

30 La Demanderesse a donc mis en évidence le rôle fondamental de la prise en compte de la température ambiante du local où fonctionne le tunnel dans l'obtention d'une conduite de qualité. On conçoit que la sonde de température ambiante doive être préférentiellement disposée à un endroit où la température n'est pas influencée par le tunnel ni par tout autre machine ou système de ventilation présents dans le local considéré.

35 Le procédé de conduite selon l'invention pourra par ailleurs adopter l'une ou plusieurs des caractéristiques techniques suivantes :

- on utilise, pour effectuer ladite rétroaction de l'étape e) une régulation de type PID.

- on dispose, à l'intérieur du tunnel, de un ou plusieurs volets d'équilibrage des gaz, apte(s) à orienter les gaz froids vers l'entrée ou la sortie du tunnel, et actionnables automatiquement depuis l'extérieur du tunnel.

- dans le contexte de la présence des dits volets :

5 i) on dispose d'au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel à proximité de sa sortie, apte à fournir une valeur T_{sortie} de la température des gaz en son point de localisation et d'au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel à proximité de son entrée apte à fournir une valeur $T_{\text{entrée}}$ de la température des gaz en son point de localisation;

10 j) on détermine la différence $T_{\text{sortie-entrée}}$ entre ladite température T_{sortie} et ladite température $T_{\text{entrée}}$, ou la différence entre la moyenne des températures T_{sortie} fournies par lesdites sondes de température de sortie et la moyenne de dites températures $T_{\text{entrée}}$ fournies par lesdites sondes de température d'entrée ;

15 k) on compare la valeur de la différence de température fournie par l'étape j) avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{sortie-entrée}}$;

20 l) on rétroagit, en fonction du résultat de la comparaison de l'étape k), sur l'orientation de tout ou partie desdits volets d'équilibrage afin d'orienter tout ou partie des gaz froids contenus dans le tunnel pour rétablir ainsi si nécessaire la valeur de ladite différence de température au niveau de ladite valeur de consigne $T^0_{\text{sortie-entrée}}$.

- on utilise, pour effectuer ladite rétroaction de l'étape l), une régulation de type PID.

25 - lesdits moyens d'extraction sur lesquels on rétroagit comprennent un seul conduit d'extraction situé à l'intérieur du tunnel, sensiblement au-dessus de la zone d'entrée des produits.

30 L'invention concerne également un dispositif de conduite d'un tunnel cryogénique dans lequel circulent des produits à refroidir ou surgeler, tunnel équipé de moyens d'injection d'un fluide cryogénique ainsi que de moyens d'extraction à débit variable de tout ou partie des gaz froids résultant de la vaporisation dudit fluide dans le tunnel, comprenant :

a) au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel à proximité de son entrée et/ou de sa sortie, apte à fournir une valeur $T_{\text{entrée/sortie}}$ de la température des gaz en son point de localisation;

35 b) au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel apte à fournir une valeur T_{amb} de la température ambiante du local où fonctionne le tunnel ;

c) une unité d'acquisition et de traitement d'informations apte à déterminer la différence $T_{\text{amb-entrée/sortie}}$ entre ladite température ambiante T_{amb} et ladite température $T_{\text{entrée/sortie}}$, ou la différence entre la moyenne des températures ambiantes fournies par lesdites sondes de température ambiante et la moyenne de dites températures $T_{\text{entrée/sortie}}$ fournies par lesdites sondes de température d'entrée/sortie, à comparer la valeur de la différence de température fournie par l'étape précédente avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{amb-entrée/sortie}}$ et à rétroagir le cas échéant, en fonction du résultat de la comparaison précédente sur le débit d'extraction desdits moyens d'extraction afin de rétablir si nécessaire la valeur de ladite différence de température au niveau de ladite valeur de consigne $T^0_{\text{amb-entrée/sortie}}$.

Le dispositif de conduite selon l'invention pourra par ailleurs adopter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- l'unité d'acquisition et de traitement d'informations utilise, pour effectuer ladite rétroaction, un régulateur de type PID.

- le dispositif comprend, à l'intérieur du tunnel, un ou plusieurs volets d'équilibrage des gaz, apte(s) à orienter les gaz froids vers l'entrée ou la sortie du tunnel, et actionnables automatiquement depuis l'extérieur du tunnel.

- dans le contexte de la présence desdits volets, le dispositif comprend également :

i) au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel à proximité de sa sortie, apte à fournir une valeur T_{sortie} de la température des gaz en son point de localisation et au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel à proximité de son entrée apte à fournir une valeur $T_{\text{entrée}}$ de la température des gaz en son point de localisation;

j) une unité d'acquisition et de traitement d'informations apte à déterminer la différence $T_{\text{sortie-entrée}}$ entre ladite température T_{sortie} et ladite température $T_{\text{entrée}}$, ou la différence entre la moyenne des températures T_{sortie} fournies par lesdites sondes de température de sortie et la moyenne des dites températures $T_{\text{entrée}}$ fournies par lesdites sondes de température d'entrée, à comparer la valeur de la différence de température fournie par l'étape précédente avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{sortie-entrée}}$, et à rétroagir le cas échéant, en fonction du résultat de la comparaison précédente sur l'orientation de tout ou partie desdits volets d'équilibrage afin d'orienter tout ou partie des gaz froids contenus dans le tunnel pour rétablir ainsi si nécessaire la valeur de ladite différence de température au niveau de ladite valeur de consigne $T^0_{\text{sortie-entrée}}$.

- ladite unité d'acquisition et de traitement d'informations utilise, pour effectuer ladite rétroaction, un régulateur de type PID.

- lesdits moyens d'extraction sur lesquels on rétroagit comprennent un seul conduit d'extraction situé à l'intérieur du tunnel, sensiblement au-dessus de la zone d'entrée des produits.

La présente invention concerne également un tunnel cryogénique intégrant de tels moyens de conduite tels que décrits ci-dessus.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'un tunnel de l'art antérieur ;

- la Figure 2 est une vue en coupe longitudinale d'un tunnel permettant la mise en œuvre de l'invention.

La figure 1 illustre la structure typique d'un tunnel cryogénique 1 dans lequel circulent des produits à refroidir ou surgeler (entrée 7 des produits, sortie 8 des produits traités), tunnel équipé de moyens d'injection 2 d'un fluide cryogénique ainsi que de plusieurs moyens 3 d'extraction des gaz froids résultant de la vaporisation du fluide dans le tunnel. On reconnaît par ailleurs la présence d'une série de ventilateurs 4.

On a d'autre part représenté par les flèches 5 les entrées d'air dans le tunnel (en entrée ou en sortie) et par les flèches 6 les sorties de gaz du tunnel (ici encore en entrée ou en sortie).

L'installation représentée en figure 2 permet quant à elle la mise en œuvre de la présente invention. On notera que par rapport à la figure 1 les mêmes éléments de structure portent la même référence (par exemple l'injection de liquide cryogénique 2, ou encore les entrées d'air 5 dans le tunnel ou les sorties de gaz 6 de ce tunnel).

Pour le mode de réalisation représenté, on dispose d'une sonde de température 21 située à l'extérieur du tunnel à proximité de son entrée, apte à fournir une valeur $T_{\text{entrée}}$ de la température des gaz en son point de localisation, d'une sonde de température 22 située à l'extérieur du tunnel à proximité de sa sortie, apte à fournir une valeur T_{sortie} de la température des gaz en son point de localisation, ainsi que d'une sonde de température 23 située à l'extérieur du tunnel apte à fournir une valeur T_{amb} de la température ambiante du local où fonctionne le tunnel.

La notion de « proximité » de l'une ou l'autre des sondes selon l'invention doit s'entendre comme une distance raisonnable pour que la valeur

de température fournie soit représentative des phénomènes d'entrée d'air ou de fuite de gaz froid, donc typiquement un ordre de grandeur de quelques millimètres à quelques dizaines de millimètres de la porte d'entrée ou de sortie du tunnel va très bien convenir à la mise en œuvre de la présente invention.

5 Comme indiqué sur la figure on dispose également d'une unité 30 d'acquisition et de traitement d'informations apte (voir sur la figure les flèches tiretées et mixtes tiretées-pointillées) :

- à déterminer la différence $T_{\text{amb-entrée/sortie}}$ entre la température ambiante T_{amb} fournie par la sonde 23 et l'une ou l'autre des températures $T_{\text{entrée/sortie}}$ fournies par les sondes 21 et 22 ou leur moyenne ;
- à comparer la valeur de la différence de température fournie par l'étape précédente avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{amb-entrée/sortie}}$;
- à rétroagir, en fonction du résultat de cette comparaison sur le débit d'extraction des moyens d'extraction 3 afin de rétablir si nécessaire la valeur de la différence de température au niveau de la valeur de consigne $T^0_{\text{amb-entrée/sortie}}$.

Mais l'unité 30 est également apte selon un des modes de réalisation de l'invention :

- à déterminer la différence $T_{\text{sortie-entrée}}$ entre la température T_{sortie} fournie par la sonde 22 et la température $T_{\text{entrée}}$ fournie par la sonde 21 ;
- à comparer la valeur de la différence de température fournie par l'étape précédente avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{sortie-entrée}}$;
- à rétroagir, en fonction du résultat de la comparaison précédente, sur l'orientation de tout ou partie des volets d'équilibrage 20 afin d'orienter tout ou partie des gaz froids contenus dans le tunnel pour rétablir ainsi si nécessaire la valeur de la différence de température au niveau de la valeur de consigne $T^0_{\text{sortie-entrée}}$.

Si conformément à l'invention on peut n'agir que sur l'extraction 3 il est clair que l'exploitation combinée des deux modes de contrôle (moyens d'extraction et volets) offre les meilleurs résultats .

L'unité 30 détermine la différence $T_{\text{sortie-entrée}}$ entre la température T_{sortie} (22) et la température $T_{\text{entrée}}$ (21), et compare avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{sortie-entrée}}$. Si les mouvements de gaz dans le tunnel vont de l'avant vers l'arrière, il y aura entrée d'air à l'entrée du tunnel, $T_{\text{entrée}}$ va monter, il y aura aussi sortie de gaz froid en sortie de tunnel et T_{sortie} va chuter. Globalement, le mouvement de gaz de l'avant vers l'arrière va se traduire par une baisse de $T_{\text{sortie-entrée}}$.

De même, un mouvement de gaz de l'arrière vers l'avant du tunnel se traduira par une augmentation de $T_{\text{sortie-entrée}}$.

A l'intérieur du tunnel, des volets d'équilibrage des gaz dévient les turbulences créées par les ventilateurs et permettent d'orienter les gaz froids vers l'entrée ou la sortie du tunnel selon le besoin.

Selon l'invention on dispose donc d'un moyen de contrôle des mouvements de gaz dans le tunnel (volets gaz) et d'un moyen de mesure des ces mouvements ($T_{\text{sortie-entrée}}$). Une régulation permet alors d'adapter en permanence la position des volets gaz en fonction de $T_{\text{sortie-entrée}}$ de manière à obtenir une situation stable sans mouvement de gaz vers l'avant ou vers l'arrière. Un système de type régulation PID compare $T_{\text{sortie-entrée}}$ à une consigne et calcule la position idéale des volets gaz.

On utilisera préférentiellement des consignes de température - que ce soit pour l'entrée ou la sortie- plus ou moins inférieures à la température ambiante, en pratique préférentiellement voisines de 0°C.

On aura compris à la lecture de ce qui précède que ces deux modes de contrôle fonctionnent de manière indépendante mais permettent d'obtenir en combinaison un fonctionnement de tunnel très proche des conditions idéales.

En quelque sorte, et sans que l'explication schématique (et purement indicative de la compréhension des phénomènes que l'on peut avoir à l'heure actuelle) donnée ci-dessous ne puisse être considérée comme limitative vis à vis de la présente invention, il y a -lorsque les deux modes de contrôle sont combinés- une sorte d'échange du « problème » entre l'entrée et la sortie du tunnel (gestion de la « boule de froid » intermédiaire entre l'entrée et la sortie), les volets étant aptes à renvoyer vers l'entrée cette « boule de froid » tandis que l'extraction est apte quand cela s'avère nécessaire à en évacuer une partie hors du tunnel.

REVENDECATIONS

1. Procédé de conduite d'un tunnel cryogénique dans lequel circulent des produits à refroidir ou surgeler, tunnel équipé de moyens d'injection d'un fluide cryogénique ainsi que de moyens d'extraction à débit variable de tout ou partie des gaz froids résultant de la vaporisation dudit fluide dans le tunnel, se caractérisant en ce que :

a) on dispose d'au moins une sonde de température (21/22) située à l'extérieur du tunnel à proximité de son entrée et/ou de sa sortie, apte à fournir une valeur $T_{\text{entrée/sortie}}$ de la température des gaz en son point de localisation;

b) on dispose d'au moins une sonde de température (23) située à l'extérieur du tunnel apte à fournir une valeur T_{amb} de la température ambiante du local où fonctionne le tunnel ;

c) on détermine la différence $T_{\text{amb-entrée/sortie}}$ entre ladite température ambiante T_{amb} et ladite température $T_{\text{entrée/sortie}}$, ou bien la différence entre la moyenne des températures ambiantes fournies par lesdites sondes de température ambiantes et la moyenne de dites températures $T_{\text{entrée/sortie}}$ fournies par lesdites sondes de température d'entrée/sortie ;

d) on compare (30) la valeur de la différence de température fournie par l'étape c) avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{amb-entrée/sortie}}$;

e) on rétroagit, en fonction du résultat de la comparaison de l'étape d), sur le débit d'extraction desdits moyens d'extraction (3) afin de rétablir si nécessaire la valeur de ladite différence de température au niveau de ladite valeur de consigne $T^0_{\text{amb-entrée/sortie}}$.

2. Procédé de conduite selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on utilise, pour effectuer ladite rétroaction de l'étape e) une régulation de type PID.

3. Procédé de conduite selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'on dispose, à l'intérieur du tunnel, de un ou plusieurs volets (20) d'équilibrage des gaz, apte(s) à orienter les gaz froids vers l'entrée ou la sortie du tunnel, et actionnables automatiquement depuis l'extérieur du tunnel.

4. Procédé de conduite selon la revendication 3 caractérisé par la mise en œuvre des mesures suivantes :

i) on dispose d'au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel à proximité de sa sortie, apte à fournir une valeur T_{sortie} de la température des gaz en son point de localisation et d'au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel à proximité de son entrée apte à fournir une valeur $T_{\text{entrée}}$ de la température des gaz en son point de localisation;

j) on détermine la différence $T_{\text{sortie-entrée}}$ entre ladite température T_{sortie} et ladite température $T_{\text{entrée}}$, ou la différence entre la moyenne des températures T_{sortie} fournies par lesdites sondes de température de sortie et la moyenne des dites températures $T_{\text{entrée}}$ fournies par lesdites sondes de température d'entrée ;

k) on compare la valeur de la différence de température fournie par l'étape j) avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{sortie-entrée}}$;

l) on rétroagit, en fonction du résultat de la comparaison de l'étape k), sur l'orientation de tout ou partie desdits volets d'équilibrage afin d'orienter tout ou partie des gaz froids contenus dans le tunnel pour rétablir ainsi si nécessaire la valeur de ladite différence de température au niveau de ladite valeur de consigne $T^0_{\text{sortie-entrée}}$.

5. Procédé de conduite selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'on utilise, pour effectuer ladite rétroaction de l'étape l), une régulation de type PID.

6. Procédé de conduite selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens d'extraction sur lesquels on rétroagit comprennent un seul conduit d'extraction situé à l'intérieur du tunnel, sensiblement au-dessus de la zone d'entrée des produits.

7. Dispositif de conduite d'un tunnel cryogénique dans lequel circulent des produits à refroidir ou surgeler, tunnel équipé de moyens d'injection d'un fluide cryogénique ainsi que de moyens d'extraction à débit variable de tout ou partie des gaz froids résultant de la vaporisation dudit fluide dans le tunnel, comprenant :

a) au moins une sonde de température (21/22) située à l'extérieur du tunnel à proximité de son entrée et/ou de sa sortie, apte à fournir une valeur $T_{\text{entrée/sortie}}$ de la température des gaz en son point de localisation;

b) au moins une sonde de température (23) située à l'extérieur du tunnel apte à fournir une valeur T_{amb} de la température ambiante du local où fonctionne le tunnel ;

c) une unité (30) d'acquisition et de traitement d'informations apte à déterminer la différence $T_{\text{amb-entrée/sortie}}$ entre ladite température ambiante T_{amb} et ladite température $T_{\text{entrée/sortie}}$, ou la différence entre la moyenne des températures ambiantes fournies par lesdites sondes de température ambiante et la moyenne de dites températures $T_{\text{entrée/sortie}}$ fournies par lesdites sondes de température d'entrée/sortie, à comparer la valeur de la différence de température fournie par l'étape précédente avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{amb-entrée/sortie}}$ et à rétroagir le cas échéant, en fonction du

résultat de la comparaison précédente sur le débit d'extraction desdits moyens d'extraction afin de rétablir si nécessaire la valeur de ladite différence de température au niveau de ladite valeur de consigne $T^0_{\text{amb-entrée/sortie}}$.

8. Dispositif de conduite selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite unité d'acquisition et de traitement d'informations utilise, pour effectuer ladite rétroaction, un régulateur de type PID.

9. Dispositif de conduite selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il comprend, à l'intérieur du tunnel, un ou plusieurs volets (20) d'équilibrage des gaz, apte(s) à orienter les gaz froids vers l'entrée ou la sortie du tunnel, et actionnables automatiquement depuis l'extérieur du tunnel.

10. Dispositif de conduite selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend :

i) au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel à proximité de sa sortie, apte à fournir une valeur T_{sortie} de la température des gaz en son point de localisation et au moins une sonde de température située à l'extérieur du tunnel à proximité de son entrée apte à fournir une valeur $T_{\text{entrée}}$ de la température des gaz en son point de localisation;

j) une unité d'acquisition et de traitement d'informations apte à déterminer la différence $T_{\text{sortie-entrée}}$ entre ladite température T_{sortie} et ladite température $T_{\text{entrée}}$, ou la différence entre la moyenne des températures T_{sortie} fournies par lesdites sondes de température de sortie et la moyenne des dites températures $T_{\text{entrée}}$ fournies par lesdites sondes de température d'entrée, à comparer la valeur de la différence de température fournie par l'étape précédente avec une valeur de consigne prédéterminée $T^0_{\text{sortie-entrée}}$, et à rétroagir le cas échéant, en fonction du résultat de la comparaison précédente sur l'orientation de tout ou partie desdits volets d'équilibrage afin d'orienter tout ou partie des gaz froids contenus dans le tunnel pour rétablir ainsi si nécessaire la valeur de ladite différence de température au niveau de ladite valeur de consigne $T^0_{\text{sortie-entrée}}$.

11. Dispositif selon la revendication 10 caractérisé en ce que ladite unité d'acquisition et de traitement d'informations utilise, pour effectuer ladite rétroaction, un régulateur de type PID.

12. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 11 caractérisé en ce que lesdits moyens d'extraction sur lesquels on rétroagit comprennent un seul conduit d'extraction situé à l'intérieur du tunnel, sensiblement au-dessus de la zone d'entrée des produits.

13. Tunnel cryogénique du type dans lequel circulent des produits à refroidir ou surgeler, équipé de moyens d'injection d'un fluide cryogénique ainsi

que de moyens d'extraction à débit variable de tout ou partie des gaz froids résultant de la vaporisation dudit fluide dans le tunnel, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de conduite conforme à l'une quelconque des revendications 7 à 12.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/03/00790

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 F25D3/11 F25D29/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 F25D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 878 582 A (KULIK WILLIAM M ET AL) 9 March 1999 (1999-03-09) column 12, line 1 - line 67; figure 6A ---	1,6,7, 12,13
A	FR 2 765 674 A (AIR LIQUIDE) 8 January 1999 (1999-01-08) page 7, line 26 -page 13, line 8; figures 1-3 ---	1,2,5-8, 11-13
A	US 4 783 972 A (TYREE JR LEWIS ET AL) 15 November 1988 (1988-11-15) column 2, line 49 -column 10, line 9; figures 1-6 ---	1,3,4,7, 9,10,13
A	US 4 955 206 A (LANG GARY D ET AL) 11 September 1990 (1990-09-11) column 5, line 14 -column 17, line 54; figures 1-15 --- -/--	1,3,4,7, 9,10,13

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 August 2003

Date of mailing of the international search report

21/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Boets, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT 03/00790

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 739 623 A (REYNOLDS MARTIN M ET AL) 26 April 1988 (1988-04-26) column 5, line 14 -column 6, line 9; figures 1-4	1,7,13
A	EP 0 667 503 A (AIR PROD & CHEM) 16 August 1995 (1995-08-16)	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/03/00790

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5878582	A	09-03-1999	AU	718112 B2	06-04-2000
			AU	5354596 A	16-10-1996
			CA	2216101 A1	03-10-1996
			EP	0817576 A1	14-01-1998
			WO	9629897 A1	03-10-1996
			ZA	9601992 A	05-11-1996
<hr/>					
FR 2765674	A	08-01-1999	FR	2765674 A1	08-01-1999
			EP	0925476 A1	30-06-1999
			WO	9901705 A1	14-01-1999
			US	6094924 A	01-08-2000
<hr/>					
US 4783972	A	15-11-1988	ES	2008619 A6	16-07-1989
<hr/>					
US 4955206	A	11-09-1990	CA	2025030 A1	31-05-1991
<hr/>					
US 4739623	A	26-04-1988	ES	2008998 A6	16-08-1989
<hr/>					
EP 0667503	A	16-08-1995	CA	2142585 A1	16-08-1995
			DE	69510107 D1	15-07-1999
			DE	69510107 T2	14-10-1999
			EP	0667503 A1	16-08-1995
			JP	7286767 A	31-10-1995
			ZA	9501229 A	18-10-1995
<hr/>					

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 03/00790

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 F2503/11 F25029/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F25D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 878 582 A (KULIK WILLIAM M ET AL) 9 mars 1999 (1999-03-09) colonne 12, ligne 1 - ligne 67; figure 6A ---	1,6,7, 12,13
A	FR 2 765 674 A (AIR LIQUIDE) 8 janvier 1999 (1999-01-08) page 7, ligne 26 -page 13, ligne 8; figures 1-3 ---	1,2,5-8, 11-13
A	US 4 783 972 A (TYREE JR LEWIS ET AL) 15 novembre 1988 (1988-11-15) colonne 2, ligne 49 -colonne 10, ligne 9; figures 1-6 ---	1,3,4,7, 9,10,13
A	US 4 955 206 A (LANG GARY D ET AL) 11 septembre 1990 (1990-09-11) colonne 5, ligne 14 -colonne 17, ligne 54; figures 1-15 --- -/--	1,3,4,7, 9,10,13



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 août 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/08/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Boets, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT 03/00790

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 739 623 A (REYNOLDS MARTIN M ET AL) 26 avril 1988 (1988-04-26) colonne 5, ligne 14 -colonne 6, ligne 9; figures 1-4	1,7,13
A	EP 0 667 503 A (AIR PROD & CHEM) 16 août 1995 (1995-08-16)	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux familles de brevets

Dem. internationale No

PCT 03/00790

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5878582	A	09-03-1999	AU 718112 B2	06-04-2000
			AU 5354596 A	16-10-1996
			CA 2216101 A1	03-10-1996
			EP 0817576 A1	14-01-1998
			WO 9629897 A1	03-10-1996
			ZA 9601992 A	05-11-1996
FR 2765674	A	08-01-1999	FR 2765674 A1	08-01-1999
			EP 0925476 A1	30-06-1999
			WO 9901705 A1	14-01-1999
			US 6094924 A	01-08-2000
US 4783972	A	15-11-1988	ES 2008619 A6	16-07-1989
US 4955206	A	11-09-1990	CA 2025030 A1	31-05-1991
US 4739623	A	26-04-1988	ES 2008998 A6	16-08-1989
EP 0667503	A	16-08-1995	CA 2142585 A1	16-08-1995
			DE 69510107 D1	15-07-1999
			DE 69510107 T2	14-10-1999
			EP 0667503 A1	16-08-1995
			JP 7286767 A	31-10-1995
			ZA 9501229 A	18-10-1995